

# ANALISA PENGARUH VARIASI *MULTIPLE REPAIR* DAN TANPA *REPAIR* PADA PENGELASAN FCAW BAJA KARBON JIS G3106 SM 490 YB TERHADAP SIFAT MEKANIK

Gani Trisdyanto <sup>(1)</sup>, Mochamad Choifin <sup>(2)</sup>

Teknik Mesin Universitas Maarif Hasyim Latif Sidoarjo

[gani-trisdyanto@student.umaha.ac.id](mailto:gani-trisdyanto@student.umaha.ac.id) <sup>(1)</sup>, [Mochamad\\_choifin@dosen.umaha.ac.id](mailto:Mochamad_choifin@dosen.umaha.ac.id) <sup>(2)</sup>

## ABSTRAK

Pembuatan konstruksi baja khususnya fabrikasi, pengelasan diperlukan untuk penyambungan material. Dalam penelitian ini digunakan untuk pengelasan *gusset* pada H-Beam pada rangka konstruksi pabrik. Namun, masalahnya adalah banyaknya cacat las yang timbul akibat pengelasan. Dibutuhkan metode pengelasan yang bagus untuk menghindari cacat las. Solusi mengatasi cacat las adalah proses *repair*, dan bila kesalahan proses pengelasan terjadi berulang maka perlu proses *multiple repair*. Dalam penelitian ini menggunakan baja karbon rendah SM 490 YB dengan tebal 15mm. Proses pengelasan metode pengelasan FCAW menggunakan elektroda K-71T dengan memvariasikan perlakuan tanpa *repair* dan *repair* 1x, 2x, 3x. Metode pengujian adalah uji tarik, uji lengkung dan uji kekerasan. Hasil pengujian tarik pada *repair* 1x memiliki nilai rata - rata kekuatan tarik yang lebih tinggi sebesar 548,62 N/mm<sup>2</sup> dibanding tanpa *repair* yang memiliki nilai tarik sebesar 536,53 N/mm<sup>2</sup>. Dari hasil uji lengkung tidak memiliki pengaruh antara perlakuan *repair* dengan tanpa *repair* terhadap sifat mekanik. Pada uji kekerasan nilai rata – rata kekerasan tertinggi terdapat pada area *weld metal repair* 3x dengan nilai 83,1 (HRB) sedangkan nilai rata – rata kekerasan terendah terdapat pada area *base metal* tanpa *repair* dengan nilai 64,8 (HRB).

**Kata – kata kunci** : Baja karbon rendah SM 490 YB, *Multiple repair*, Pengelasan FCAW, Sifat mekanik.

## ABSTRACT

*Making steel construction especially fabrication, welding is required for joining materials. In this research, it is used for welding gusset on H-Beam in the frame of factory construction. However, the problem is the number of welding defects that arise due to welding. A good welding method is needed to avoid welding defects. The solution to overcome welding defects is the repair process, and if the welding process errors occur repeatedly, it needs a multiple repair process. In this study using low carbon steel SM 490 YB with a thickness of 15mm. The welding process of the FCAW welding method uses K-71T electrodes by varying the treatment without repair and repair 1x, 2x, 3x. Test methods are tensile test, bending test and hardness test. The results of tensile testing on repair 1x have a higher average tensile strength value of 548.62 N / mm<sup>2</sup> than without repair which has a tensile value of 536.53 N / mm<sup>2</sup>. From the results of the arch test does not have an effect between the repair treatment with no repair of mechanical properties. In the hardness test the highest average hardness was found in the weld metal repair area 3x with a value of 83.1 (HRB) while the lowest average hardness value was in the base metal area without repair with a value of 64.8 (HRB).*

**Keywords:** Low carbon steel SM 490 YB, *Multiple repair*, FCAW welding, Mechanical properties.

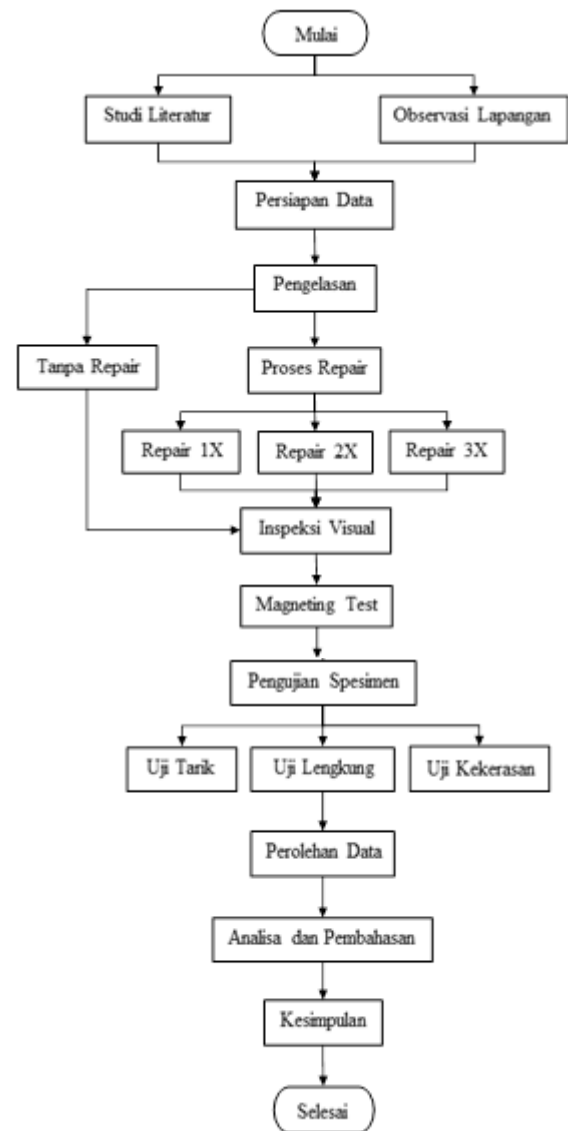
## PENDAHULUAN

Dalam pembuatan produk konstruksi baja maupun konstruksi mesin khususnya pada proses fabrikasi, pengelasan diperlukan sebagai sarana penyambungan material logam. Seringnya penggunaan teknologi pengelasan disebabkan karena bangunan konstruksi yang dibuat menjadi lebih mudah pembuatannya, sehingga biayanya lebih murah. Pada proses produksi, pengelasan yang sering digunakan yaitu pengelasan FCAW. Dalam penelitian ini digunakan untuk pengelasan gusset pada H-Beam yang nantinya H-Beam tersebut digunakan untuk rangka konstruksi pabrik. Akan tetapi, masalah yang sering terjadi saat ini adalah banyaknya cacat las yang terjadi akibat proses pengelasan itu sendiri. Contohnya *crack*, *porosity*, *incomplete fusion*, *undercut* dan lain sebagainya. Namun dalam penelitian ini cacat las yang sering terjadi adalah *porosity*, yaitu kumpulan gelembung gas yang terjebak di dalam lasan. Karena itu cara pengelasan harus benar – benar memperhatikan sifat – sifat las dengan kegunaan konstruksi dan keadaan sekitarnya. Penyebab timbulnya *porosity* tidak lain adalah benda kerja yang kotor dan elektroda yang lembab atau basah serta kurangnya asupan pelindung flux  $CO_2$ . Dibutuhkan suatu metode pengelasan yang bagus untuk menghindari cacat las tersebut. Solusi untuk mengatasi cacat las adalah proses *repair*, dan bila kesalahan proses pengelasan terjadi berulang - ulang maka perlu proses *multiple repair*. Akibat proses *repair* akan memberikan dampak terhadap kenaikan kekerasan material dan kekuatan material. Maka dari penelitian ini diharapkan mendapat informasi mengenai pengaruh *repair* baja karbon JIS G3106 SM 490 YB terhadap nilai kekerasan dan kekuatan tarikannya. Sehingga nantinya dapat dibuat tolak ukur, material tersebut harus diganti atau hanya sekedar di *repair*.

## METODE PENELITIAN

### Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian di jelaskan dalam diagram alir berikut :



Gambar 1. Diagram alir penelitian

### Proses Pengelasan

langkah-langkah dalam proses pengelasan adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan mesin las FCAW
2. Mempersiapkan semua material yang akan dilakukan pengelasan



Gambar 2 Plat 15 sudah bevel V

3. Membersihkan semua material yang akan dilakukan pengelasan

4. Mempersiapkan kawat las kiswel K-71T
5. Melakukan penyambungan sementara terhadap setiap variabel.



Gambar 3 Proses penyambungan sementara

6. Melakukan proses pengelasan



Gambar 4 Proses pengelasan

#### Proses Repair

langkah-langkah dalam proses *repair* adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan gerinda tangan
2. Mempersiapkan spesimen yang direpair



Gambar 5 Spesimen yang akan dilakukan *repair*

3. Setelah persiapan selesai, dilakukan proses *repair*



Gambar 6 Proses *repair* menggunakan gerinda

4. Setelah proses gerinda maka dilakukan proses pengelasan kembali

#### Proses Pengelasan Ulang

Setelah proses pengelasan dilakukan, maka akan dilakukan pengaplikasian *repair* pada benda uji. Benda uji yang direpair sebanyak 36 spesimen, yang akan dilakukan 4 variasi *repair*.

1. Tanpa *repair*
2. *Repair* 1x
3. *Repair* 2x
4. *Repair* 3x

Dengan masing – masing variasi *repair* 9 spesimen, meliputi 5 untuk uji tarik, 3 untuk uji *bending*, dan 1 untuk uji kekerasan.

#### Tahapan Repair

Proses pengelasan *repair* dilakukan dengan tahapan berikut:

1. Mempersiapkan *joint* A tanpa *repair*, setelah material dilakukan *fit-up*, material *joint* A dilakukan pengelasan FCAW. Setelah selesai pengelasan, maka *joint* A tanpa *repair* dilakukan uji visual.



Gambar 7 Hasil pengelasan tanpa *repair*

2. Mempersiapkan *joint* B *repair* 1x, setelah material dilakukan *joint fit-up*, material dilakukan pengelasan FCAW menggunakan elektroda kiswel K-71T. Pada saat pengelasan *root* sampai *capping* selesai, maka dilakukan *repair* 1x pada *joint* B menggunakan proses gerinda tangan sampai dengan kedalaman *repair* 50% - 60% dari ketebalan *weld metal* tersebut sampai selesai, dan sampai



dilakukan *repair* 1x proses *repair* tersebut selanjutnya dilakukan pengelasan ulang dan *joint* B *repair* 1x dilakukan uji visual.



Gambar 8 Hasil pengelasan *repair* 1x

3. Mempersiapkan *joint* C *repair* 2x, setelah material dilakukan *joint fit-up*, material dilakukan pengelasan FCAW menggunakan elektroda kiswel K-71T. Pada saat pengelasan *root* sampai *capping* selesai, maka dilakukan *repair* 2x pada *joint* C menggunakan proses gerinda tangan sampai dengan kedalaman *repair* 50% - 60% dari ketebalan *weld metal* tersebut sampai selesai, dan sampai dilakukan *repair* 2x proses *repair* tersebut selanjutnya dilakukan pengelasan ulang dan *joint* C *repair* 2x dilakukan uji visual.



Gambar 9 Hasil pengelasan *repair* 2x

4. Mempersiapkan *joint* D *repair* 3x, setelah material dilakukan *joint fit-up*, material dilakukan pengelasan FCAW menggunakan elektroda kiswel K-71T. Pada saat pengelasan *root* sampai *capping* selesai, maka dilakukan *repair* 3x pada *joint* D menggunakan proses gerinda tangan sampai dengan kedalaman *repair* 50% - 60% dari ketebalan *weld metal* tersebut sampai selesai, dan sampai dilakukan *repair* 3x proses *repair* tersebut selanjutnya dilakukan pengelasan ulang dan *joint* D *repair* 3x dilakukan uji visual.



Gambar 10 Hasil pengelasan *repair* 3x

## ANALISA DAN PEMBAHASAN

### Inspeksi Visual

Inspeksi visual dilakukan untuk mengetahui hasil dari proses pengelasan tersebut apakah ada cacat las, retak, dll. Inpeksi visual yang dimaksud dalam penelitian ini adalah pengujian visual dan *magnetizing test*.

### Pengujian Visual

Setelah dilakukan serangkaian pengambilan data dan proses pemotongan material hingga pengelasan material, maka dilakukan pengujian visual. Pengujian visual ini bertujuan melihat cacat-cacat pada permukaan las yang tampak dan bisa terlihat oleh mata atau alat bantu pengelihatan. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengamati hasil pengelasan secara detail dan seksama.

### Magnetizing test

Setelah dilakukan pengujian visual selanjutnya adalah proses *magnetizing test* yang tergolong pengujian *non destructive test* (NDT) yang dilakukan pada material untuk mengetahui adanya cacat las, retak, dan diskontinuitas lain tanpa harus merusak benda yang diuji. Berikut adalah hasil dari proses *magnetizing test* dapat dilihat pada gambar 11 sampai 14 dibawah.



Gambar 11 Proses *magnetizing test* pengelasan tanpa *repair*

Dari hasil *Magnetizing test* pada perlakuan tanpa *repair* tersebut proses pengelasan FCAW menggunakan posisi 1G Baja Karbon

SM 490 YB dan menggunakan elektroda K-71 T dinyatakan tidak adanya *defect*, dan hasil dinyatakan lulus pengujian sehingga bisa melanjutkan pengujian tahap berikutnya.



Gambar 12 Proses magnetizing test pengelasan *repair 1x*

Dari hasil *Magnetizing test* pada perlakuan *repair 1x* dinyatakan tidak adanya *defect*, dan hasil dinyatakan lulus pengujian sehingga bisa melanjutkan pengujian tahap berikutnya.



Gambar 12 Proses magnetizing test pengelasan *repair 2x*

Dari hasil *Magnetizing test* pada perlakuan *repair 2x* dinyatakan tidak adanya *defect*, dan hasil dinyatakan lulus pengujian sehingga bisa melanjutkan pengujian tahap berikutnya.



Gambar 14 Proses magnetizing test pengelasan *repair 3x*

Dari hasil *Magnetizing test* pada perlakuan *repair 3x* dinyatakan tidak adanya *defect*, dan hasil dinyatakan lulus pengujian sehingga bisa melanjutkan pengujian tahap berikutnya.

#### Analisa Hasil Pengujian Tarik

Data hasil dua puluh spesimen uji tarik tersebut bahwa dari semua variasi perlakuan *repair* dan tanpa *repair* semua spesimen patah di *base metal*, dapat dilihat pada Gambar 15 - 18.



Gambar 15 Patahan uji tarik pengelasan Tanpa *repair*



Gambar 16 Patahan uji tarik pengelasan *repair 1x*



Gambar 17 Patahan uji tarik pengelasan *repair 2x*



Gambar 18 Patahan uji tarik pengelasan *repair 3x*

*Acceptance criteria* hasil uji tarik pengelasan FCAW baja karbon JIS G3106



SM 490 YB adalah sebesar 365 MPa pada *yield strenght* dan 490-610 MPa pada *ultimate tensile strenght*. Artinya, bahwa kekuatan tarik yang harus dicapai oleh material yang diuji adalah sebesar min. 365 MPa pada *yield strenght* dan 490-610 MPa pada *ultimate tensile strenght*. Dengan kata lain, jika nilai hasil uji tarik material berada di bawah ketentuan, maka kekuatan tariknya tidak memenuhi standard atau reject. Berikut adalah *standard mechanical properties* JIS G3106 dilihat pada tabel 1 Serta data hasil uji tarik dilihat pada tabel 2 – 5

Tabel 1 *Standard Mechanical Properties* JIS G3106

Symbol of Grade	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)		
			Min For Plate Thickness (mm)		
			t ≤ 5	5 < t ≤ 16	16 < t ≤ 50
SM 490 C	Min 325	490 ~ 610	Min 22	Min 17	Min 21
SM 490 YA	Min 365	490 ~ 610	Min 19	Min 15	Min 19
SM 490 YB	Min 365	490 ~ 610	Min 19	Min 15	Min 19

Tabel 2 Data hasil uji tarik pengelasan tanpa *repair*

Specimen Dimension											
No	Diameter (mm)		Thickness (mm)		Width (mm)		Cross Section Area (mm <sup>2</sup> )		Gauge Length (mm)		Total Leght (mm)
	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	W <sub>0</sub>	W <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	L <sub>0</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>t</sub>
A1			15,38	8,90	25,41	19,20	390,81	170,88	50,00	65,33	
A2			15,50	9,58	25,26	18,56	391,53	177,80	50,00	66,19	
A3			15,25	8,81	25,10	18,43	382,78	162,37	50,00	65,61	
A4			15,34	8,85	25,36	19,10	389,02	169,04	50,00	65,38	
A5			15,36	8,76	25,33	18,94	389,07	165,91	50,00	65,29	
Result Test											
No	Yield Load		Max Load		Yield Strength		Tensile Strength		Elongation		Reduction area
	KN		KN		N/mm <sup>2</sup>		N/mm <sup>2</sup>		%		%
A1	162,28		210,37		415,24		538,29		30,66		56,27
A2	158,20		206,81		404,06		528,22		32,38		54,59
A3	160,30		207,54		418,78		542,19		31,22		57,58
A4	160,12		208,67		411,60		536,40		30,76		56,55
A5	160,57		209,15		412,70		537,57		30,58		57,36

### Contoh perhitungan hasil tes tarik pengelasan tanpa *repair*

#### 1. Sample 1 (A1)

##### a. Luas Penampang (A<sub>0</sub>)

$$A_0 = \text{Lebar} \times \text{Tebal} \\ = 25,41\text{mm} \times 15,38\text{mm} \\ = 390,81 \text{ mm}^2$$

##### b. Penambahan panjang batang uji ( $\Delta L$ )

$$\Delta L = L_1 - L_0 \\ = 65,33\text{mm} - 50,00\text{mm} \\ = 15,33 \text{ mm}$$

Dimana :

L<sub>0</sub> = jarak *gauge length* spesimen sebelum diuji

L<sub>1</sub> = jarak *gauge length* spesimen setelah diuji

##### c. Rasio tegangan maksimum (*ultimate stress*)

$$\sigma = \frac{F_u}{A_0} = \frac{210,37 \text{ kN}}{390,81 \text{ mm}^2} = 0,53829 \text{ kN/mm}^2 \\ = 538,29 \text{ N/mm}^2$$

#### d. Regangan (*strain*)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{15,33\text{mm}}{50,00\text{mm}} \times 100\% = 30,66\%$$

Tabel 3 Data hasil uji tarik pengelasan *repair* 1x

Specimen Dimension											
No	Diameter (mm)		Thickness (mm)		Width (mm)		Cross Section Area (mm <sup>2</sup> )		Gauge Length (mm)		Total Leght (mm)
	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	W <sub>0</sub>	W <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	L <sub>0</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>t</sub>
B1			15,36	8,66	25,24	17,75	387,69	153,72	50,00	66,36	
B2			15,30	8,55	25,06	17,66	383,42	150,99	50,00	65,12	
B3			15,33	8,79	25,30	18,51	387,85	162,70	50,00	64,87	
B4			15,33	8,76	25,22	18,42	386,62	161,36	50,00	65,87	
B5			15,34	8,72	25,27	18,44	387,64	160,80	50,00	65,55	
Result Test											
No	Yield Load		Max Load		Yield Strength		Tensile Strength		Elongation		Reduction Area
	KN		KN		N/mm <sup>2</sup>		N/mm <sup>2</sup>		%		%
B1	158,44		212,41		408,68		547,88		32,72		60,35
B2	159,81		209,75		416,80		547,06		30,24		60,62
B3	168,02		213,61		433,22		550,75		29,74		58,05
B4	162,02		212,19		419,08		548,83		31,74		58,26
B5	162,65		212,65		419,59		548,57		31,10		58,52

Tabel 4 Data hasil uji tarik pengelasan *repair* 2x

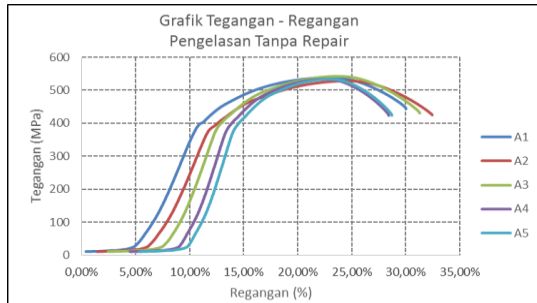
Specimen Dimension											
No	Diameter (mm)		Thickness (mm)		Width (mm)		Cross Section Area (mm <sup>2</sup> )		Gauge Length (mm)		Total Leght (mm)
	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	W <sub>0</sub>	W <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	L <sub>0</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>t</sub>
C1			15,24	8,36	25,18	18,24	383,74	152,49	50,00	63,95	
C2			15,17	8,87	25,46	18,36	386,23	162,85	50,00	64,01	
C3			15,16	8,77	25,47	18,50	386,13	162,25	50,00	64,33	
C4			15,22	8,69	25,36	18,36	385,98	159,55	50,00	64,28	
C5			15,20	8,81	25,40	18,36	386,08	161,75	50,00	64,55	
Result Test											
No	Yield Load		Max Load		Yield Strength		Tensile Strength		Elongation		Reduction Area
	KN		KN		N/mm <sup>2</sup>		N/mm <sup>2</sup>		%		%
C1	160,54		208,09		418,35		542,26		27,90		60,26
C2	161,48		207,77		418,09		537,95		28,02		57,83
C3	161,83		207,90		419,10		538,43		28,66		57,98
C4	162,07		208,77		419,89		540,89		28,56		58,66
C5	161,51		207,51		418,33		537,48		29,10		58,10

Tabel 5 Data hasil uji tarik pengelasan *repair* 3x

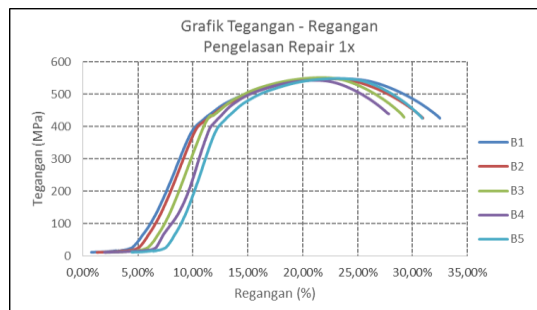
Specimen Dimension											
No	Diameter (mm)		Thickness (mm)		Width (mm)		Cross Section Area (mm <sup>2</sup> )		Gauge Length (mm)		Total Leght (mm)
	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	W <sub>0</sub>	W <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	L <sub>0</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>t</sub>
D1			15,45	9,00	25,00	18,88	386,25	169,92	50,00	63,85	
D2			15,43	8,95	24,71	17,77	381,28	159,04	50,00	63,62	
D3			15,47	8,98	24,88	17,88	384,89	160,56	50,00	63,58	
D4			15,44	8,95	24,85	17,84	383,68	159,67	50,00	63,44	
D5			15,45	8,95	24,79	17,81	383,01	159,40	50,00	63,72	
Result Test											
No	Yield Load		Max Load		Yield Strength		Tensile Strength		Elongation		Reduction Area
	KN		KN		N/mm <sup>2</sup>		N/mm <sup>2</sup>		%		%
D1	159,73		207,31		413,55		536,74		27,70		56,01
D2	159,03		203,61		417,11		534,03		27,24		58,29
D3	160,95		204,08		418,17		530,22		27,16		58,28
D4	159,89		205,12		416,72		534,61		26,88		58,39
D5	159,71		204,74		416,99		534,58		27,44		58,38

Data yang diperoleh dari hasil pengujian tarik digunakan untuk mengetahui pengaruh *multiple repair* terhadap nilai kekuatan material. Data hasil pengujian tarik

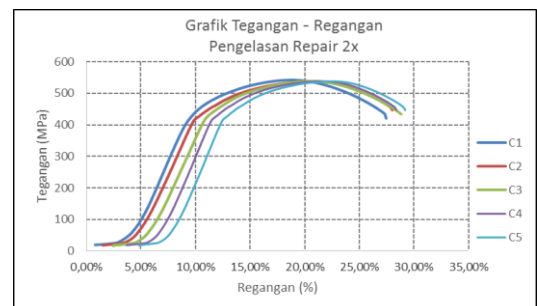
pengelasan FCAW baja karbon JIS G3106 SM 490 YB dengan variasi perlakuan *repair* dapat ditunjukkan pada Grafik 1 - 4 Tegangan - Regangan per variabel spesimen uji. Serta grafik 5 untuk grafik rata - rata semua variabel.



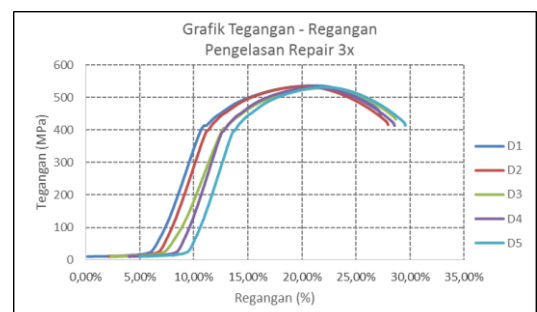
Grafik 1 Tegangan - Regangan pengelasan tanpa *repair*



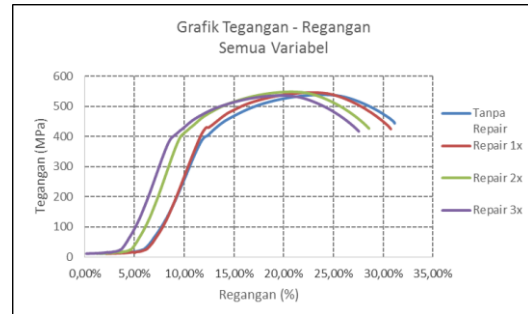
Grafik 2 Tegangan - Regangan pengelasan *repair* 1x



Grafik 3 Tegangan - Regangan pengelasan *repair* 2x



Grafik 4 Tegangan - Regangan pengelasan *repair* 3x



Grafik 5 Rata - Rata Tegangan - Regangan semua variabel

### Analisa Hasil Uji Lengkung (*Bending Test*)

Hasil diperoleh dari uji lengkung menunjukkan kualitas pengelasan secara visual dan pengaruh hasil pengelasan terhadap keuletan material. Diameter mandril Kriteria kelulusan dari uji lengkung (*Bending Test*) secara visual :

1. Daerah lasan dan HAZ dari spesimen uji lengkung harus benar – benar dalam bagian tertekuk sempurna dari spesimen setelah dilakukan pengujian lengkung.
2. Permukaan cembung spesimen uji lengkung harus diperiksa visual untuk diskontinuitas permukaan. Untuk penerimaan, permukaan harus tidak terdapat diskontinuitas melebihi dimensi berikut :
  - a. Keretakan maksimal 3mm diukur dari segala arah pada permukaan yang telah di *bending*.
  - b. Retak pada pojok permukaan yang telah di *bending* tidak diperhitungkan kecuali yang disebabkan oleh *slag inclusion*, *lack of fusion*, atau cacat yang lainnya.

Berikut hasil uji *bending* ditunjukkan pada Gambar 19 - 22 di bawah ini.



Gambar 19 Hasil uji bending pengelasan tanpa *repair*

Gambar 20 Hasil uji bending pengelasan *repair 1x*Gambar 21 Hasil uji bending pengelasan *repair 2x*Gambar 22 Hasil uji bending pengelasan *repair 3x*

### Analisa Hasil Uji Kekerasan (*Hardness Test*)

Uji kekerasan dalam hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan hasil pengelasan dengan menggunakan proses pengelasan FCAW dengan variasi perlakuan *repair* pada material baja karbon rendah SM 490 YB. Dalam penelitian ini yang di uji kekerasan ada 3 area yakni, area *base metal*, area HAZ, dan area *weld metal*. Berikut hasil dari pengujian yang dilakukan pada semua variabel dapat dilihat pada tabel 6 – 9

Tabel 6 Hasil uji kekerasan tanpa *repair*

Hardness Test Pengelasan Tanpa Repair						
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Rata - Rata
	(HRB)	(HRB)	(HRB)	(HRB)	(HRB)	(HRB)
Base Metal	65,9	62,0	64,1	65,5	66,9	64,9
HAZ	72,9	71,4	69,8	72,0	74,9	72,2
Weld Metal	75,2	78,2	76,9	79,5	79,0	77,8

Tabel 7 Hasil uji kekerasan *repair 1x*

Hardness Test Pengelasan Repair 1x						
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Rata - Rata
	(HRB)	(HRB)	(HRB)	(HRB)	(HRB)	(HRB)
Base Metal	64,5	64,8	65,2	65,5	66,2	65,2
HAZ	72,9	73,2	77,1	73,2	71,7	73,6
Weld Metal	79,5	80,5	81,0	80,5	82,4	80,8

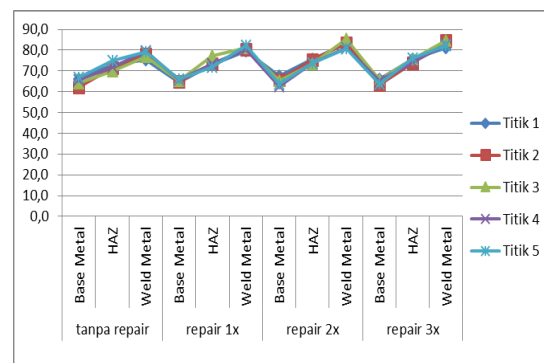
Tabel 8 Hasil uji kekerasan *repair 2x*

Hardness Test Pengelasan Repair 2x						
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Rata - Rata
	(HRB)	(HRB)	(HRB)	(HRB)	(HRB)	(HRB)
Base Metal	67,5	65,5	65,2	62,4	63,8	64,9
HAZ	75,8	75,2	73,5	73,8	73,8	74,4
Weld Metal	82,9	83,6	85,3	81,2	80,7	82,7

Tabel 9 Hasil uji kekerasan *repair 3x*

Hardness Test Pengelasan Repair 3x						
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Rata - Rata
	(HRB)	(HRB)	(HRB)	(HRB)	(HRB)	(HRB)
Base Metal	66,2	63,4	65,5	65,2	63,8	64,8
HAZ	75,8	73,8	75,8	74,1	76,0	75,1
Weld Metal	81,2	84,7	84,7	82,6	82,2	83,1

Berikut hasil dari uji kekerasan yang disajikan dalam bentuk grafik. Dapat dilihat pada grafik 6.



Grafik 6 Hasil uji kekerasan semua variabel

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari penelitian dapat ditarik kesimpulan berdasarkan hasil dari pengujian yaitu Hasil pengujian tarik pada *repair 1x* memiliki nilai rata - rata kekuatan tarik yang lebih tinggi sebesar 548,62 N/mm<sup>2</sup> dibanding tanpa *repair* yang memiliki nilai tarik sebesar 536,53 N/mm<sup>2</sup>. Akan tetapi pada perlakuan *repair* selanjutnya mengalami penurunan nilai kekuatan tarik yaitu *repair 2x* sebesar 539,40 N/mm<sup>2</sup> dan *repair 3x* sebesar 534,03 N/mm<sup>2</sup>. Hasil uji lengkung pada spesimen tanpa *repair* (A2) terdapat cacat pada *face bend* dengan lebar 0,98mm yang mana masih memenuhi standart. Sedangkan pada variabel yang lain tidak terdapat cacat. Dapat disimpulkan



proses *multiple repair* tidak mempengaruhi kekuatan lengkungnya.

Hasil uji hardness dari semua variabel pada area *base metal* memiliki nilai rata - rata kekerasan yang hampir sama antara 64,8 (HRB) - 65,2 (HRB). Sedangkan pada area HAZ nilai rata – rata kekerasannya naik sedikit yaitu tanpa *repair* 72,2 (HRB), *repair* 1x 73,6 (HRB), *repair* 2x 74,4 (HRB) dan *repair* 3x 75,1 (HRB). Pada area weld metal mengalami kenaikan nilai rata – rata kekerasan antara lain tanpa *repair* 77,8 (HRB), *repair* 1x 80,8 (HRB), *repair* 2x 82,7 (HRB), dan *repair* 3x 83,1 (HRB).

Dapat disimpulkan bahwa proses *multiple repair* dapat mempengaruhi kekuatan tarik. Semakin banyak proses *repair*, semakin rendah kekuatan tariknya. Karena proses perlakuan panas yang berlebih dapat mengurangi sifat keuletan material serta membuat material tersebut menjadi getas sehingga nilai kekerasan material semakin tinggi.

### Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih setiap proses pengelasan harus benar-benar diperhatikan laju aliran gas yang digunakan, serta sikat pembersih dan batu grind yang digunakan agar tidak terjadi cacat las yang tidak diinginkan. Penambahan pengujian seperti *Radiography Test* untuk melihat hasil *internal weld metal* apakah layak diuji selanjutnya, Uji mikro untuk mengetahui bentuk struktur mikro (*microstructure*) setelah dilakukan proses pengelasan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Selama penyusunan tugas akhir, penulis mendapat bantuan dan bimbingan berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Keluarga besar penulis yang tidak ada berhentinya mencurahkan perhatian, kasih sayang, dukungan, dorongan, dan semangat serta do'a selama menempuh studi di Universitas Maarif Hasyim Latif.
2. Bapak Prof. Dr. Rusijono, M.Pd selaku kaprodi Teknik Mesin yang telah banyak memberi informasi dan masukan yang berharga selama penelitian Tugas Akhir.
3. Bapak Mochamad Choifin ST.,MT. selaku pembimbing Pertama yang telah banyak memberikan bimbingan, saran dan masukan yang berharga selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Universitas Maarif Hasyim Latif yang telah

memberikan banyak ilmu dengan penuh ikhlas dan kesabaran selama 4 tahun.

5. Para teknisi di laboratorium Uji Material dan Welder yang telah membantu melaksanakan penelitian.

Semoga Allah SWT selalu mengkaruniakan kebaikan dan mengganti dengan sesuatu yang lebih baik dari yang pernah diberikan. Penulis menyadari banyaknya kekurangan pada penulisan Tugas Akhir ini. Untuk itu kritik dan saran yang diharapkan agar penelitian selanjutnya bisa lebih baik lagi.

### DAFTAR PUSTAKA

- ASME II Part C. (2010). Newyork: Specification for Welding Rod, Electrode and Filler Metals.
- ASME IX. (2010). Newyork: Qualification Standard for welding and brazing procedure, welder, brazer, and welding and brazing operator.
- AWS. (2015). AWS D1.1/D1.1M Structural Welding Code - Steel. Miami: American Welding Society.
- Gunawan, E., Choifin, M., Rosidin, M. K., & Afifah, Y. N. (2019). Analysis of the Effect of Current Flow Variations in GTAW on SS 400 Plate Material Connected with SUS 304 Stainless Steel Plate Against Tensile Strength and Hardness with ER308L Electrodes Analysis of the Effect of Current Flow Variations in GTAW on SS 400 Plate Material Connected with SUS 304 Stainless Steel Plate Against Tensile Strength and Hardness with ER308L Electrodes.
- Hery Sonawan, R. S. (2006). Pengelasan Logam. Bandung: Alfabeta.
- Hosford, W. F. (2012). Mechanical Testing, Mechanical Behavior of Materials.
- Ikhsan, M. N. (2014). Tugas Akhir PPNS, Surabaya. Pengaruh Multiple Repair dengan Pengelasan Gas Metal Arc Welding terhadap sifat Mekanik.
- Kosasih, D. P. and Hakim, A. R. (2017). JURNAL MESA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SUBANG. Analisa Perbandingan Pengaruh Welding Repair Pada Pengelasan SMAW Dengan Menggunakan Elektroda RB - 26 Kobe Steel dan RD-260 Nikko Steel

Terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah.

Novianto, R. (2013). Tugas Akhir PPNS, Surabaya. Analisa Pengaruh Multiple Repair Welding Serta Temperatur PWHT untuk Memperbaiki Mechanical Properties Material Pipa Sa335 Grade 22.

Pangaribowo, B. H and Akbar Putra W. H. (2018). Jurnal Teknik Perkapalan ITS Surabaya. Studi Pengaruh Pemanasan Awal Pada Pengelasan Ulang Baja ASTM A36 Akibat Reparasi Terhadap Sifat Mekanis Menggunakan Proses Las FCAW.

Risdiyantoro (2016). Tugas Akhir PPNS, Surabaya. Analisa pengaruh multiple repair pada pengelasan material Aluminium paduan 5083 terhadap sifat mekanik.

Sanjaya, R. (2012). Uji Lengkung (Bending Test). Dipetik Januari 10, 2016

Sastranegara, A. (2009). Mengenal Uji Tarik & Sifat-Sifat Mekanik Logam.